



COPY OF PAPERS
ORIGINALLY FILED

Attorney's Docket No.: 10834-005001 : OSP-11984

2878

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant : Yoshikazu Sugiyama et al. Art Unit : Unknown
Serial No. : 10/081,975 Examiner : Unknown
Filed : February 22, 2002
Title : ILLUMINATION OPTICAL SYSTEM AND LASER PROCESSOR HAVING
THE SAME

Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

TRANSMITTAL OF PRIORITY DOCUMENT UNDER 35 USC §119

Applicants hereby confirms their claim of priority under 35 USC §119 from the
following applications:

- Japan Application No. 2001-046984 filed February 22, 2001
- Japan Application No. 2001-083562 filed March 22, 2001

A certified copy of each application from which priority is claimed is submitted herewith.

Please apply any charges or credits to Deposit Account No. 06-1050.

Respectfully submitted,

Date: 3/26/02

Samuel Borodach
Samuel Borodach
Reg. No. 38,388

Fish & Richardson P.C.
45 Rockefeller Plaza, Suite 2800
New York, New York 10111
Telephone: (212) 765-5070
Facsimile: (212) 258-2291

30090138.doc

RECEIVED
MAR 15 2002
TECHNOLOGY CENTER 2800

RECEIVED
MAR 15 2002
TECHNOLOGY CENTER 2800

CERTIFICATE OF MAILING BY FIRST CLASS MAIL

I hereby certify under 37 CFR §1.8(a) that this correspondence is being
deposited with the United States Postal Service as first class mail
sufficient postage on the date indicated below and addressed to the
Commissioner for Patents, Washington, D.C. 20231.

March 26, 2002
Date of Deposit

Paula T. Rimeo
Signature

PAULA T. RIMEO
Typed or Printed Name of Person Signing Certificate

日本国特許庁

JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2001年 2月22日

出願番号

Application Number:

特願2001-046984

[ST.10/C]:

[JP2001-046984]

出願人

Applicant(s):

石川島播磨重工業株式会社
株式会社ニコン

2002年 3月 8日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造

出証番号 出証特2002-3014168

【書類名】 特許願

【整理番号】 00NKP068

【提出日】 平成13年 2月22日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 13/08

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン
 内

 【氏名】 杉山 喜和

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都江東区豊洲三丁目1番15号 石川島播磨重工業
 株式会社東京エンジニアリングセンター内

 【氏名】 正木 みゆき

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都江東区豊洲三丁目1番15号 石川島播磨重工業
 株式会社東京エンジニアリングセンター内

 【氏名】 八木 武人

【特許出願人】

 【持分】 001/002

 【識別番号】 000000099

 【氏名又は名称】 石川島播磨重工業株式会社

【特許出願人】

 【持分】 001/002

 【識別番号】 000004112

 【氏名又は名称】 株式会社ニコン

【代理人】

 【識別番号】 100077919

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 井上 義雄

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 047050

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 照明光学系及びこれを備えるレーザー処理装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

レーザー光源からの照射ビームの径を拡大するアフォーカルなビームエキスパンダ系と、

少なくとも第 1 の方向に略直交する第 2 の方向に屈折力を有し、前記ビームエキスパンダ系からの照射ビームを前記第 1 の方向に長手方向を有する線状ビームに結像する線状ビーム形成レンズ系と、

前記第 1 の方向に沿って配列された複数の要素レンズを有するレンズアレイ部と、

前記線状ビームの前記各要素レンズごとの像を被処理面に重ね合わせて照射するコンデンサ光学系と、

を有することを特徴とする照明光学系。

【請求項 2】

前記線状ビーム形成レンズ系は、前記第 2 の方向に正の屈折力を有するシリンドリカルレンズであることを特徴とする請求項 1 に記載の照明光学系。

【請求項 3】

前記シリンドリカルレンズと前記レンズアレイ部と前記コンデンサ光学系との少なくとも 1 つを光軸に沿って移動可能であることを特徴とする請求項 2 に記載の照明光学系。

【請求項 4】

前記レンズアレイ部は、少なくとも第 1 サブアレイ部と第 2 サブアレイ部とを有し、

前記要素レンズは回転対称なレンズであり、

前記第 1 サブアレイ部と前記第 2 サブアレイ部とは、前記各サブアレイ部の対応する前記各要素レンズの光軸どうしがほぼ一致するように配列されていることを特徴とする請求項 1 に記載の照明光学系。

【請求項 5】

前記コンデンサ光学系は、前記被処理面側に、前記第 2 の方向に正の屈折力を有する他のシリンドリカルレンズを有することを特徴とする請求項 1 に記載の照明光学系。

【請求項 6】

レーザー光を供給するレーザー光源と、

請求項 1 乃至 5 の何れか一項に記載の照明光学系と、

前記被処理面上の線状ビームと前記被処理面とを相対的に移動する走査移動部とを有することをレーザー処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ガラス基板等のアニール処理に好適な照明光学系及びこの光学系を備えるレーザー処理装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、非晶質珪素膜に対してレーザー光を照射することで結晶化する技術が知られている。また、不純物イオンの注入によって損傷した珪素膜の結晶性の回復や注入された不純物イオンの活性化のためにレーザー光を照射する技術が知られている。これらは、レーザーアニール技術と呼ばれている。

【0003】

レーザーアニール法によるプロセスでは、基板に対する熱ダメージが殆ど無いという特徴を有している。この基板に対する熱ダメージの問題が無いという特徴は、たとえば、ガラスなどの耐熱性の低い基板上に半導体素子を形成する際に有利である。

【0004】

近年、液晶表示素子、特に大型の動画用液晶表示素子では、コストの問題及び大面積化の要求から基板としてガラス基板を利用することが望まれている。このため、レーザーアニール法を用いれば、基板として耐熱性の低いガラスを使用した場合でも、ガラス基板への熱ダメージはほとんど無い。従って、ガラス基板を

用いても結晶性珪素膜を用いた薄膜トランジスタ等の半導体素子を作成することができる。よって、レーザーアニール法は、ガラス基板上に半導体回路を作る技術要素として将来期待されている。

【 0 0 0 5 】

【発明が解決しようとする課題】

半導体回路等が形成されるガラス基板は比較的大きな面積を持つものが多い。これに対して、レーザー光は光源から射出された直後の状態では、ビーム照射面積が小さい。このため、ビーム形状を方形状や線状に加工して、所定領域を走査することが行われている。例えば、線状のビームをその長手方向とは垂直に移動させ、ガラス基板上を走査させる。これにより、比較的に短時間にガラス基板全体にアニールを行う事が可能となる。

【 0 0 0 6 】

このようなレーザーアニールに用いる線状ビームを作る光学系が、例えば、特開平 1 0 - 2 4 4 3 9 2 号公報に開示されている。特開平 1 0 - 2 4 4 3 9 2 号公報では、ホモジナイザーと称される光学系を用いてレーザービームを線状のビームに変換している。ホモジナイザーには、非常に高い均一性を有する照度及び形状の線状ビームを作る事が要求される。該公報では、複数のシリンドリカルレンズからなる多シリンドリカルレンズ系がホモジナイザーとして用いられている。そして、ホモジナイザーがビーム照度の均一性において中心的な役割をする。

【 0 0 0 7 】

多シリンドリカルレンズ系は、短冊状の各シリンドリカルレンズを、その屈折力を有する方向に沿って一列に並べたレンズ系である。通常の均一照明の際に用いられるフライアイレンズと同様に、多シリンドリカルレンズ系に入射した光束は各シリンドリカルレンズで分割され、線状に集光される。この結果、シリンドリカルレンズの数と等しい数の線状像が形成される。この線状像が新たな複数の 2 次線光源となり、レンズ（他のシリンドリカルレンズ）を通して試料を照明する。試料の照射面では複数の 2 次線光源からの光が重なりあって平均化される。これにより、多シリンドリカルレンズ系が配列された方向（屈折力を有する方向

) の照度分布が均一になる。

【 0 0 0 8 】

また、特開平 1 0 - 2 4 4 3 9 2 号公報では、線状ビームの長手方向だけでなく、その幅方向に関しても照度を均一にするため、多シリンドリカルレンズ系を二つ用いている。

【 0 0 0 9 】

しかしながら、上記公報に開示されたようにシリンドリカルレンズを多用することは以下に述べる問題がある。シリンドリカルレンズは、通常の球面レンズに比較して加工が困難であり、かつ製造コストも増加する。また、形状加工の精度も通常の球面レンズに比較して非常に低い。そのため、実際の装置の製造を考慮すると、シリンドリカルレンズを多用する光学系は、製造コストが増加することに加え、加工精度の点から高い要求性能を満足できないおそれがある。

【 0 0 1 0 】

また、上述したように大型の液晶ディスプレイの需要が増えていることに伴い、走査領域面積が大型化している。このため、線状ビームの長さはより長いものが要求されるようになっている。ここで、ビーム線幅一定のまま、ビームの長手方向の長さを長くすると、照射面積が大きくなってしまう。従って、単位面積当たりのエネルギー密度が小さくなる。この結果、試料にビームを照射した時、アニールに必要な温度まで加熱する事が困難になってしまう。そこで、試料照射時のエネルギー密度を上げるため、ビームの長手方向の長さを長くするだけでなく、そのビーム線幅をも細くする事が必要になる。

【 0 0 1 1 】

さらに、細い線幅のビームが必要とされる他の理由を以下に述べる。従来、レーザー光源として出力パワーの大きいエキシマレーザーを使用することが多い。しかし、エキシマレーザーは、高価で装置自体が大型である。このため、より安価で、小型、かつ取扱いも容易な固体レーザーを光源として使用することが望まれている。この固体レーザーは、エキシマレーザーに比べると出力エネルギーが低い。このため、照射面のエネルギー密度を増加するためには、より細い線幅のビームで集光させる必要がある。よって、ビームの長手方向の長さを長くするだ

けでなく、そのビーム線幅をも細くする事が必要になる。

【 0 0 1 2 】

上述のように、細い線幅の線状ビームの必要性に伴い、これを達成するため線状ビームの長手方向に高い結像性能を有する光学系が必要となる。このような結像性能の要求の立場からも、上述の特開平 1 0 - 2 4 4 3 9 2 号公報に開示された光学系では十分な仕様ではない。

【 0 0 1 3 】

特開平 1 0 - 2 4 4 3 9 2 号公報では、上述したように短冊状のシリンドリカルレンズを複数有する多シリンドリカルレンズ系を二つ使用している。そして、多シリンドリカルレンズ系に続く一般にコンデンサーレンズと呼ばれる光学系も多シリンドリカルレンズ系から構成されている。

【 0 0 1 4 】

このように、シリンドリカルレンズ群で光学系を構成し、ビーム長手方向と短手方向とを各々異なるパワー配置で光学系を構成する事は、長方形（線状）のビームを作る際は、設計者にとって直感的に理解しやすく、有効な設計方法であると考えられる。

【 0 0 1 5 】

ところが、パワーの方向の異なるシリンドリカルレンズを組み合わせた光学系に、平行光束が入射すると各シリンドリカルレンズのパワーの方向と異なる方向に進む光線が現われる。この光線の収差は単に直交するパワーを組み合わせた光学系では容易に補正できない。従って、実際に光学系の収差を高いレベルで補正することを目的とする場合は、この設計方法は好ましくない。

【 0 0 1 6 】

例えば、単純に円形の断面を有する平行光束を仮定する。次に、負（凹）のパワーを持つ第 1 シリンドリカルレンズと、この第 1 シリンドリカルレンズの後ろ（像側）に第 1 シリンドリカルレンズのパワーの方向と直交する方向に正（凸）のパワーを持つ第 2 シリンドリカルレンズを配置する。そして、上記平行光束を、第 1 と第 2 シリンドリカルレンズへ入射させて、線状に集光する場合を考える。

【 0 0 1 7 】

この場合、初めの負パワーを持つ第1シリンダリカルレンズにより、光束は一方方向にだけ発散する。また、次の正パワーを持つ第2シリンダリカルレンズにより、この発散光は、発散方向に垂直な方向に集光される。ここで、負の第1シリンダリカルレンズを射出した発散光のうち発散中心部の光は、正の第2シリンダリカルに入射するとき、第2シリンダリカルレンズの母線に対して垂直に入射する。一方、第1シリンダリカルレンズを射出した発散光のうち発散方向周辺部の光は、第2シリンダリカルレンズの母線に対して斜めに入射する。

【 0 0 1 8 】

その結果、負の第1シリンダリカルレンズを射出した発散光の発散方向中心部の光と周辺部の光とでは正の第2シリンダリカルレンズに入射した後の光の集光位置が異なる。この結果、線状に結像する際、線状像中心部と周辺部とでは線幅が異なることになる。そのため、シリンダリカルレンズから成る光学系ではこのようなシリンダリカルレンズ特有の収差を補正する必要がある。

【 0 0 1 9 】

上述のシリンダリカルレンズ特有の収差に対して、一般の光学設計者は不慣れである。上記光線の振舞いは、単にビーム短手（短軸）方向を含む面と長手（長軸）方向を含む面だけでは表わす事ができない。直交するパワーを持つシリンダリカルレンズの組み合わせのみで、シリンダリカルレンズに特有な上記収差を補正する事は極めて困難である。また、仮に、該収差が補正されたとしても、非常に多くのシリンダリカルレンズが必要とされる事が予想される。

【 0 0 2 0 】

以上説明したように、より細い線幅の線状ビームを加工する場合、光学設計の手法の立場からも直交するシリンダリカルレンズを多用する光学系は望ましくない。

【 0 0 2 1 】

また、特開平10-244392号公報に開示された光学系では、ビーム短手方向の照度均一性を確保する構成になっている。しかし、この構成も細い線幅の線状ビームを加工する事を考えると以下の理由により望ましくない。

【 0 0 2 2 】

まず、線幅方向の照度均一性の必要性について説明する。線幅方向の照度均一性を高めることは、線状ビームの走査速度を高速化する場合に有効である。線状ビームの走査方向の線幅が広い場合は、線状ビームの走査速度を速くしても、基板試料上の単位面積を線状ビームが通過するのべ時間は長くなる。従って、基板試料上の線状ビーム照射時間は、結晶化等の反応に十分なものとなる。このため、線状ビーム線幅が広いほど走査速度を上げることができるので、アニール工程の時間を短縮できる。

【 0 0 2 3 】

ところが、線状ビームの照度均一性が低い場合は、ビーム幅の周辺部でエネルギーが低くなってしまう。このため、線状ビームを走査したとき、線状ビームの周辺部ではアニールの反応が起きない場合がある。この場合は、細い線幅の線状ビームを走査するのと等価となるので、走査速度を上げられなくなってしまう。

【 0 0 2 4 】

上述したように、近年、より大きな面積の液晶表示素子（ディスプレイ）が求められるようになってきている。従って、液晶表示素子の製造工程のスピード化を図り、より広い面積の基板を加工する技術が望まれている。また、上述したように、線状ビームの線幅を細くするためには、高度に収差補正をすることが望ましい。さらに、高度に収差補正された線幅の細い線状ビームを加工することと、線状ビームの短手（線幅）方向に高い照度均一性を得ることとを両立する事は非常に困難である。従って、線状ビームの長手方向には照度均一性を高くすること、及び線状ビームの短手方向には線幅を細くすることに関する光学性能だけに特化した光学系が望まれる。かかる観点からも、特開平 1 0 - 2 4 4 3 9 2 号公報に開示された光学系は十分であるとは言えない。

さらに、上述した光学系では、線状ビームの短手方向の照度均一性を向上させるために、多シリンドリカルレンズ系を用いている。該レンズ系の機能は、既に説明したように、光源からのビームを線幅方向に分割し、その分割したビームの作る線状像を照射面で重ね合わせるものである。そのため、照射面での線状像の線幅が細くなると、線状像の重ね合わせ精度は線状像幅より小さくする必要がある

。即ち、要求される線幅が細くなるに従って、線状像の重ね合わせ精度も厳しくなる。よって、レーザー処理装置の製造を考慮に入れると、被照射面での線状像の照度分布の均一性を多少犠牲にしても、ビームの分割数を減らした方が望ましい。その際、アニール加工の速度を多少低下させれば、線状像の線幅方向の照度均一性を低下できるため、ビームの分割数も減らす事ができ、より装置製造の立場からは望ましくなる。

【 0 0 2 5 】

本発明は上記問題に鑑みてなされたものであり、優れた結像性能を有し、照度均一性が良く、細い線幅の大きなアスペクト比の線状ビームを照射できる照明光学系及び低コストで、製造容易、大面積を高速に処理できるレーザー処理装置を提供することを目的とする。

【 0 0 2 6 】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、本発明では、レーザー光源 1 からの照射ビームの径を拡大するアフォーカルなビームエキスパンダ系 2 と、少なくとも第 1 の方向 x に略直交する第 2 の方向 y に屈折力を有し、前記ビームエキスパンダ系 2 からの照射ビームを前記第 1 の方向 x に長手方向を有する線状ビームに結像する線状ビーム形成レンズ系 3 と、前記第 1 の方向 x に沿って配列された複数の要素レンズ $EL11$, $EL12$, $EL13$, $EL21$, $EL22$, $EL23$ を有するレンズアレイ 4 と、前記線状ビームの前記各要素レンズ $EL11$, $EL12$, $EL13$, $EL21$, $EL22$, $EL23$ ごとの像を被処理面 $I2$ に重ね合わせて照射するコンデンサ光学系 5 とを有することを特徴とする照明光学系を提供する。

【 0 0 2 7 】

また、本発明の好ましい態様では、前記線状ビーム形成レンズ系 3 は、前記第 2 の方向 y に正の屈折力を有するシリンドリカルレンズ 3 であることが望ましい。

【 0 0 2 8 】

また、本発明の好ましい態様では、前記シリンドリカルレンズ 3 と前記レンズアレイ 4 と前記コンデンサ光学系 5 との少なくとも 1 つを光軸 AX に沿って移動

可能であることが望ましい。

【0029】

また、本発明の好ましい態様では、前記レンズアレイ4は、少なくとも第1サブアレイ部LA1と第2サブアレイ部LA2とを有し、前記要素レンズEL11、EL12、EL13、EL21、EL22、EL23は回転対称なレンズであり、前記第1サブアレイ部LA1と前記第2サブアレイ部LA2とは、前記各サブアレイ部LA1、LA2の対応する前記各要素レンズEL11とEL21、EL12とEL22、EL13とEL23の光軸AX11とAX12、AX、AX13とAX23どうしがほぼ一致するように配列されていることが望ましい。

【0030】

また、本発明の好ましい態様では、前記コンデンサ光学系5は、前記被処理面I2側に、前記第2の方向yに正の屈折力を有する他のシリンドリカルレンズ7を有することが望ましい。

【0031】

また、本発明は、レーザー光を供給するレーザー光源1と、請求項1乃至5の何れか一項に記載の照明光学系と、前記被処理面I2と前記照射された線状ビームとを相対的に移動する走査移動部6とを有するレーザー処理装置を提供する。

【0032】

なお、本発明の構成を説明する上記課題を解決するための手段の項では、本発明を分かり易くするために発明の実施の形態の図を用いたが、これにより本発明が実施の形態に限定されるものではない。

【0033】

【発明の実施の形態】

以下、添付図面に基づいて本発明の実施の形態を説明する。

(第1実施形態)

図1(a)、(b)は第1実施形態にかかるレーザー処理装置の概略構成を示す図である。固体レーザー1から射出した断面がほぼ円形のレーザービームは、アフォーカルなビームエキスパンダー2により光束径を拡大され、直径の大きなコリメート光に変換される。コリメート光Lは、シリンドリカルレンズ3に入射

する。シリンドリカルレンズ3は、 x 方向には屈折力を有せず（ノンパワーな面）、該 x 方向にほぼ直交する y 方向に正の屈折力を有している。このため、シリンドリカルレンズ3を透過した光は、中間結像面I1に x 方向を長手方向とする線状に集光される。

【0034】

ここで、固体レーザー1から射出された断面がほぼ円形のレーザービームの強度分布は、ガウス分布を有している。そして、円形ビームをシリンドリカルレンズ3で線状像に変換しているため、線状像の中心部分の照度が強く、周辺部分の照度が低くなっている。従って、中間像面I1で形成された線状像は x 方向に照度分布を持つ不均一な線状像である。

【0035】

中間結像面I1のすぐ最終像側には、第1サブレンズアレイ部LA1と第2サブレンズアレイ部LA2とからなるレンズアレイ4が設けられている。図3はレンズアレイ4の構成を示す図である。ここで、第1サブレンズアレイ部LA1と、第2サブレンズアレイ部LA2とは同一の構成であるので、第1サブレンズアレイ部LA1を例にして説明し、重複する説明は省略する、第1サブレンズアレイ部LA1は、複数の要素レンズEL11, EL12, EL13を有している。各要素レンズEL11等は、その光軸AX11等に関して回転対称な形状である。これら各要素レンズEL11等は、シリンドリカルレンズ3が屈折力を有していない x 方向に沿って一列に配列されている。

【0036】

また、第1サブレンズアレイ部LA1と第2サブレンズアレイ部LA2とは、第1サブレンズアレイ部LA1の要素レンズEL11の光軸AX11と、第2サブレンズアレイ部LA2の対応する要素レンズEL21の光軸AX21とが一致するように配置されている。その他の要素レンズEL12等に関しても同様である。

【0037】

図1(a), (b)に戻って、レンズアレイ4の像側には、コンデンサーレンズ5が配置されている。レンズアレイ4とコンデンサーレンズ5とで結像系を構

成する。この結像系により、シリンドリカルレンズ3が中間像面I1に形成した線状像を、ガラス基板G上の被照射面（被処理面）I2に結像する。即ち、シリンドリカルレンズ3が形成した線状像の位置と被照射面I2の位置とが共役になっている。

【0038】

また、レンズアレイ4とコンデンサーレンズ5とから成る光学系は、結像系であると共に、シリンドリカルレンズ3が形成した中間像面I1における照度が不均一な線状像を、最終像面である被照射面I2において均一な照度分布を有する線状像に変換する役割を有している。被照射面I2において、均一な照度分布の線状像を作る原理は、上述した一般の均一照明をする際用いられるフライアイレンズの原理と同様である。即ち、レンズアレイ4は、シリンドリカルレンズ3が形成した面I1の線状像からの光を分割する。本実施形態では、3つの要素レンズEL11, EL12, EL13で3分割している。そして、分割された線状像をコンデンサーレンズ5で被照射面I2上で重ね合わせて結像する。この結果、各要素レンズに対応するそれぞれの線状像の平均化の効果により、均一な照度の線状像を得ることができる。

【0039】

次に、この重ね合わせによる照度均一化について図1(a), (b)をもとにさらに詳しく説明する。

【0040】

図1(a)に示すように、シリンドリカルレンズ3が屈折力を有さないx方向では、平行光束Lがレンズアレイ4に入射する。そして、各要素レンズに対応して集光位置P1, P2, P3へ集光する。また、図1(b)に示すように、シリンドリカルレンズ3が屈折力を有するy方向では、シリンドリカルレンズ3の焦点位置とレンズアレイ4の焦点位置は略一致するように配置されている。これにより、シリンドリカルレンズ3で線状に集光された光は、レンズアレイ4でアフォーカルな平行光束に変換されて射出する。そして、図1(a), (b)から分かるように、集光位置P1, P2, P3に線状に集光した光は、それぞれ新たな線光源を形成する。そして、これらの線光源からの光は、それぞれコンデンサー

レンズ5を経て、ガラス基板G上の被照射面I2上の同じ位置に重なり合って線状像を形成する。

【0041】

被照射面I2上における線状像の照度分布は、レンズアレイ4の要素レンズEL11等によって3分割された光の照度分布を重ね合わせたものとなる。例えば、要素レンズEL11とEL21とを透過した光が被照射面I2に形成する線状像は、シリンドリカルレンズ3が中間像面I1に形成した線状像を3分割したときの1/3の部分L1の像である。光軸AX上の要素レンズEL12とEL22とを透過した光が被照射面I2に形成する線状像は、シリンドリカルレンズ3が中間像面I1に形成した線状像を3分割したときの1/3の部分L2の像である。要素レンズEL13とEL23とを透過した光が被照射面I2に形成する線状像は、シリンドリカルレンズ3が中間像面I1に形成した線状像を3分割したときの1/3の部分L3の像である。このため、レンズアレイ4により3分割された光が被照射面I2に形成する線状像の照度分布は、光束L1, L2, L3が有する互いに異なる照度分布の重ね合わせであることが分かる。

【0042】

また、シリンドリカルレンズ3が中間像面I1に形成する線状像の照度分布は光軸AXに対して対称である。このため、図1(a)に示すように、線状像を3分割すると、レンズアレイ4の光軸AXから遠い両端の二つの要素レンズEL11, EL13が形成する線状像の照度分布は、互いに反対称の照度分布となる。従って、3分割された3つの線状像が被照射面I2上で重なり合うと照度分布が平均化され、非常に均一性の高い照度分布を得ることができる。

【0043】

なお、本実施形態では、要素レンズが3個の場合を示したが、2個の場合でも同様の効果が得られる。また、要素レンズの数を多くしてビームの分割数を多くすればするほど、平均化の効果が向上し、均一な照度分布の線状像を形成する事ができる。

【0044】

次に、より細い線幅を有する線状像を形成するために必要な結像性能（収差）

について説明する。

【0045】

シリンドリカルレンズ3で形成した線状像を、レンズアレイ4とコンデンサーレンズ5とからなる光学系で被照射面I2に結像している。このため、諸収差の発生源は、シリンドリカルレンズ3と、レンズアレイ4と、コンデンサーレンズ5とである。

【0046】

この中で、シリンドリカルレンズ3に入射する光は平行光であること、その入射方向も一方向のみであることから、当該シリンドリカルレンズ3で発生する収差は単に球面収差に相当するものだけである。従って、シリンドリカルレンズ3の収差の補正は、通常の軸対称な光学系のように、正負（凸凹）の二枚のシリンドリカルレンズを組み合わせる事により容易に補正できる。

【0047】

次に、レンズアレイ4とコンデンサーレンズ5とからなる光学系については、上述したように結像系を構成している。従って、この結像光学系全体で収差が補正されていなければならない。そして、この結像光学系全体の収差補正を行う場合、レンズアレイ4で発生する収差量が問題となる。

【0048】

レンズアレイ4は、上述のように、均一照明の際に用いられるフライアイレンズの機能と同様の機能を果たしている。そして、通常のフライアイレンズが構造上やむをえないように、個々の要素レンズは一つの単レンズ成分から構成されている。そのため、レンズアレイ4の要素レンズEL11等を一つの単レンズ成分から構成する場合、該レンズで大きな収差が発生する。そこで、このレンズアレイ4で発生した収差をコンデンサーレンズ5で補正する事を試みる。しかしながら、一列に配置された各要素レンズEL11等の収差を同時に補正することは非常に困難である。図1(a)から分かるように、レンズアレイ4から射出した光は線状に結像してコンデンサーレンズ5に入射する。そして、レンズアレイ4のそれぞれの要素レンズから射出した光は、異なる高さからコンデンサーレンズ5に入射する。しかし、各要素レンズで発生する収差の形は同じなので、コンデン

サーレンズ5において異なる光路を通過する光に対して同じ形の収差を補正しなければならない。かかる収差補正は非常に困難なことである。

【0049】

そこで、本実施形態のように、レンズアレイ4を第1サブレンズアレイLA1と第2サブレンズアレイLA2とからなる二枚ダブレットレンズで構成する事により、レンズアレイ4での収差を十分補正する事ができる。また、二枚ダブレットレンズのレンズアレイ4と、収差が十分補正されたコンデンサーレンズ5と組み合わせれば、レンズアレイ4とコンデンサーレンズ5とから成る結像系は十分な結像性能を有することができる。このため、シリンドリカルレンズ4で形成された線状像を十分に細く被照射面I2に結像する事が可能となる。なお、コンデンサーレンズ5の収差を十分補正する事が、容易であるのはこれが軸対称な通常の光学系であることから明らかである。

【0050】

また、本実施形態の場合、レンズアレイ4をダブレットレンズから構成する事が容易なのは、通常のフライアイレンズが二次元の配置であるのに対して、本実施形態のレンズアレイ4は一次元の配列だからである。一次元のレンズアレイの場合、各レンズの保持をレンズ側面から行うことができるので、個々のレンズを2枚構成にしてもその保持が容易である。加えて、要素レンズの並ぶy方向（シリンドリカルレンズ3が屈折力を有する方向）にレンズアレイをシフトすることができる。これにより、線状像の幅方向（y方向）のレンズのアライメントによる収差を取ることができる。

【0051】

また、本実施形態で一次元レンズアレイを用いる事ができるのは、上述したように、本発明が線状像の照度均一性を長手方向のみ優先し、線幅方向の均一性を犠牲に、線幅を細くすることに特化したものであるからである。そして以上から分かるように本発明のこのような選択が正しい事が分かる。

【0052】

なお、コストは増加するがレンズアレイ4の個々の要素レンズを4枚以上とし、さらに結像性能を上げることも可能である。

【 0 0 5 3 】

また、本実施形態では、シリンドリカルレンズ 3 を光軸 A X に沿って移動する第 1 移動機構部 M V 1、レンズアレイ 4 を光軸 A X に沿って移動する第 2 移動機構部 M V 2、コンデンサレンズ 5 を光軸 A X に沿って移動する第 3 移動機構部 M V 3 を有することが望ましい。これにより、各レンズ 3、4、5 の位置を変えることで、デフォーカスさせて線状像の線幅を変えることができるという効果を奏する。なお、何れか一つのレンズを移動させても良いことはいうまでもない。

(第 2 実施形態)

図 2 (a)、(b) は、第 2 実施形態にかかるレーザー処理装置の概略構成を示す図である。コンデンサーレンズ 5 と被照射面 I 2 との間に、正 (凸) パワーを持つシリンドリカルレンズ 7 が新たに付加されている。その他の構成は上記第 1 実施形態と同様であるので同一部分には同様の符号を用い、重複する説明は省略する。

【 0 0 5 4 】

本実施形態では、シリンドリカルレンズ 3 によって形成される線状像が再度被照射面 I 2 上に形成されるように構成する。即ち、シリンドリカルレンズ 3 が作る線状像と被照射面 I 2 とが共役になるようにする。このため、上記第 1 実施形態に比較してシリンドリカルレンズ 3 が形成する線状像の位置 (中間像面) I 1 をレンズアレイ 4 側にデフォーカスしている。

【 0 0 5 5 】

かかるシリンドリカルレンズ 7 を設けたことにより、レンズ設計する上で線状像の線幅方向の焦点距離を更に自由に変える事ができる。

【 0 0 5 6 】

線状像の線幅を問題にする場合、レーザー光源 1 の射出特性等のため線幅方向 (y 方向) の焦点距離は重要である。一般には、レーザー光源 1 からの光は理想的な平行光が一定の方向に射出されると考えられる。しかし、実際はレーザー光源 1 からの光は完全な平行光でない。また、光源 1 から発振される光の方向にも時間的なばらつきがある。

【 0 0 5 7 】

次に、本レーザー処理装置の場合、このようなレーザー光源1の発振特性が光学系の性能に影響する度合いを説明する。例えば、レーザー光源1から射出された光が完全な平行光でなく、その波面がうねっており、角度 θ のスロープの収差を持っていると仮定する。また、この時、レーザー光源1の開口APから被照射面I2までの光学系の焦点距離を f とする。この場合、レーザー光の収差は照射面I2上で、 $f \cdot \theta$ の横収差となる。この結果、被照射面I2での線状像の線幅が $f \cdot \theta$ 分だけ大きくなる。

【0058】

同様に、光源1のビームの出射角のばらつきを Φ とする。この場合、被照射面I2での線状像の位置のばらつきは $f \cdot \Phi$ となる。このため、レーザーの波面の乱れなどの影響を抑えるためには、光学系の焦点距離はなるべく短いことが望ましい。しかし、光学系の焦点距離が短いと作動距離（ワーキングディスタンス）を確保するのが困難になる。従って、機械的な制約を満足するのが難しくなる。このように、光学系を設計する際、焦点距離を最適な値にする事は必須である。

【0059】

上記第1実施形態において焦点距離を変える場合、レンズアレイ4とコンデンサーレンズ5とから成る結像光学系の倍率（レンズアレイ4から被照射面I2までの倍率）を変えること、又はシリンドリカルレンズ3の焦点距離を変えることの何れかを行う必要がある。しかし、レンズアレイ4とコンデンサーレンズ5とは共に光軸AXに対して対称な光学系である。このため、図1(a)のx方向の焦点距離を変えるために結像光学系の倍率を変更すると、同時に被照射面I2に形成される線状像の長さも変わってしまう。また、シリンドリカルレンズ3の焦点距離を変えた場合、レンズアレイ4に入射する光の開口数（NA）が変わる。そのためレーザー光源1から被照射面I2までの焦点距離を短くしようとすると、このNAが大きくなる。このため、ここで発生する収差の補正が困難となると同時に、レンズアレイ4で発生する収差も増加する。

【0060】

そこで、本実施形態のように、コンデンサーレンズ5と被照射面I2との間にシリンドリカルレンズ7を追加すると、シリンドリカルレンズ3、レンズアレイ

4、コンデンサーレンズ5の各焦点距離を収差補正を優先に選択した場合であっても、シリンドリカルレンズ7で全体の焦点距離を設定できる。このため、線状像の長さを一定のまま、諸収差も増加させることなく、光源1の特性に応じた光学系を得られるという効果を奏する。

【0061】

【発明の効果】

以上説明したように本発明では、優れた結像性能を有し、照度均一性が良く、細い線幅の大きなアスペクト比の線状ビームを照射できる照明光学系を提供できる。また、本発明では、低コストで、製造容易、大面積を高速に処理できるレーザー処理装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

(a)、(b)は第1実施形態にかかるレーザー処理装置の概略構成を示す図である。

【図2】

(a)、(b)は第2実施形態にかかるレーザー処理装置の概略構成を示す図である。

【図3】

レンズアレイの構成を示す図である。

【符号の説明】

- 1…レーザー光源
- 2…ビームエクspander
- 3…シリンドリカルレンズ
- 4…レンズアレイ
- LA1, LA2…サブレンズアレイ部
- EL11~EL23…要素レンズ
- 5…コンデンサーレンズ
- 6…走査移動部
- 7…シリンドリカルレンズ

I 1、I 2…像面

G…ガラス基板

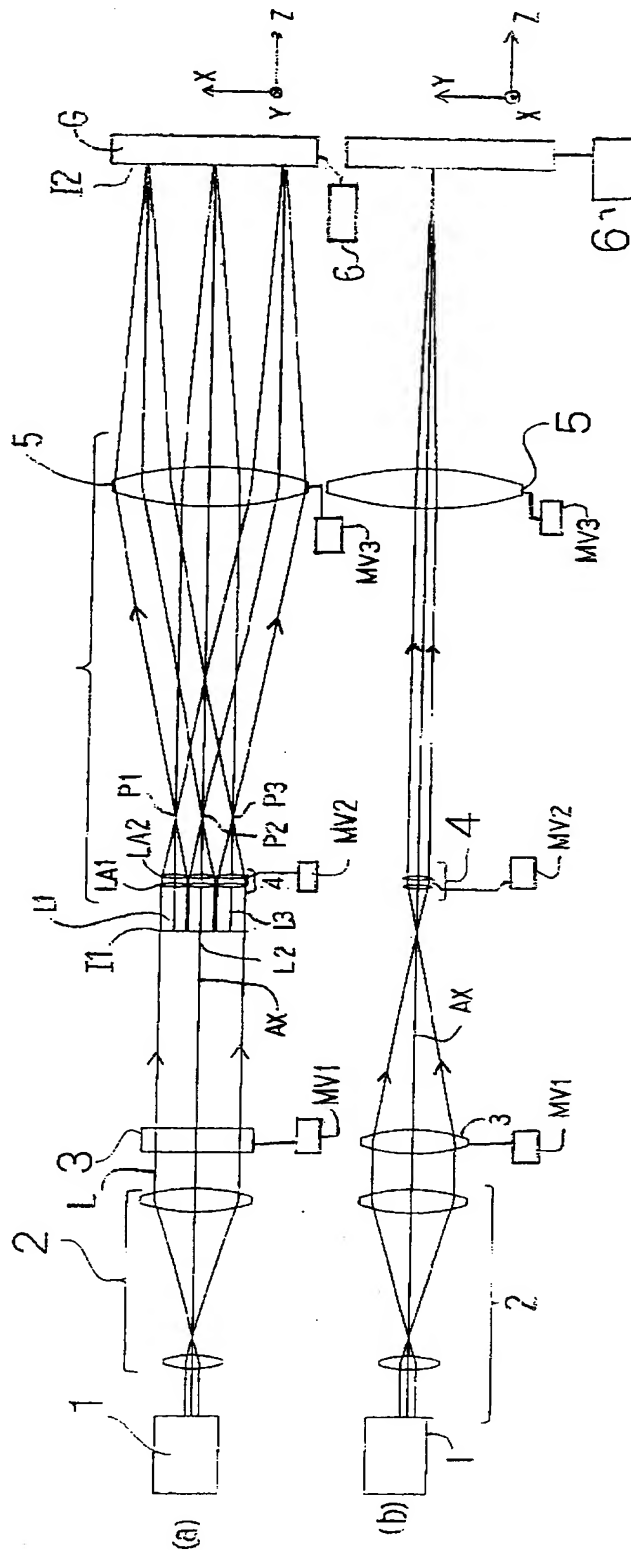
A X…光軸

A P…レーザー開口部

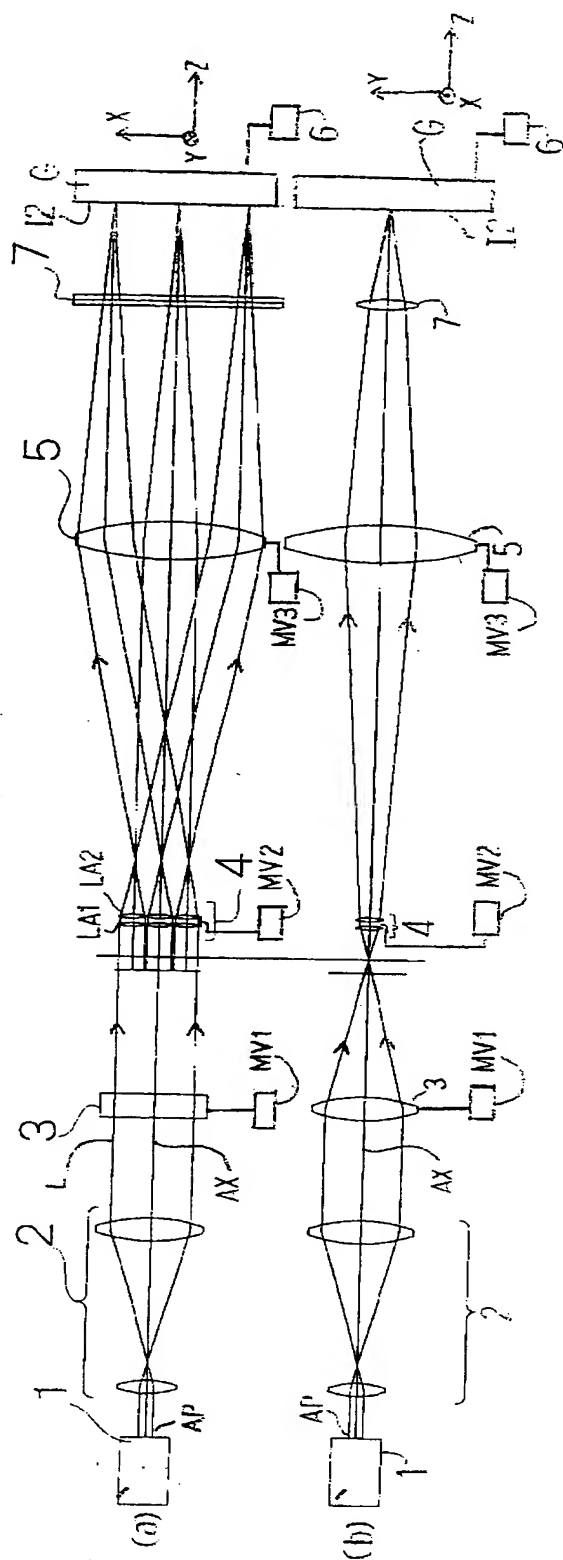
【書類名】

図面

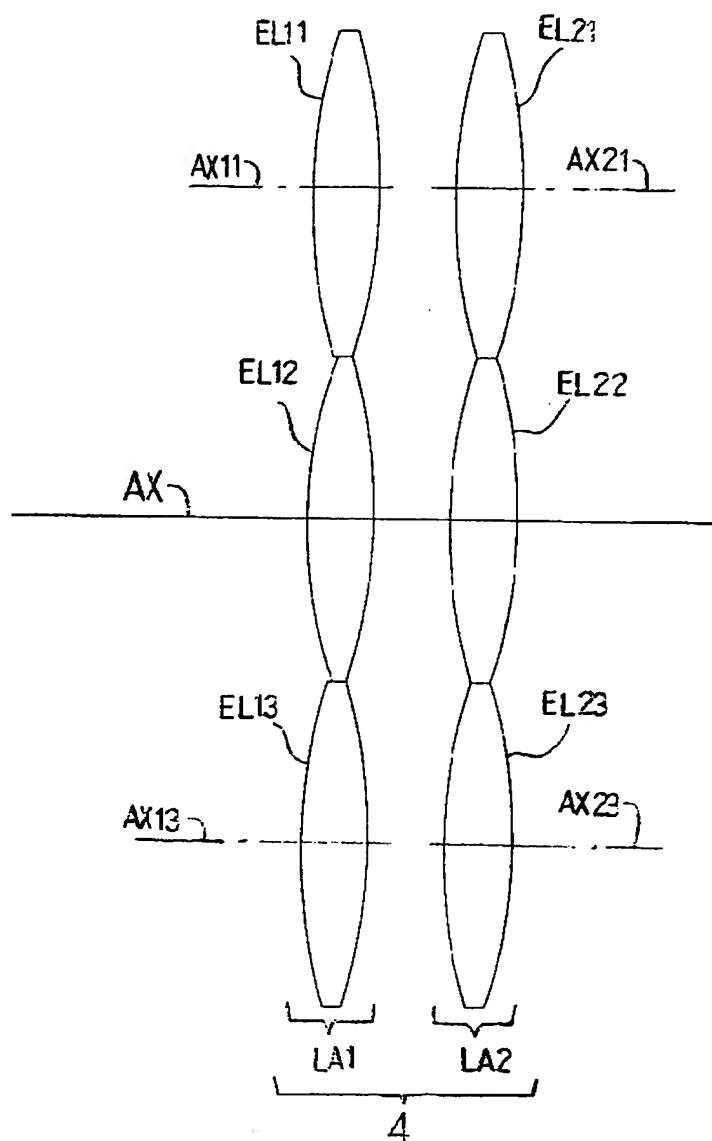
【図 1】



【図2】



【図 3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 優れた結像性能を有し、照度均一性が良く、細い線幅の大きなアスペクト比の線状ビームを照射できる照明光学系を提供すること。

【解決手段】 レーザー光源 1 からの照射ビームの径を拡大するアフォーカルなビームエキスパンダ系 2 と、少なくとも第 1 の方向 x に略直交する第 2 の方向 y に屈折力を有し、ビームエキスパンダ系 2 からの照射ビームを前記第 1 の方向 x に長手方向を有する線状ビームに結像する線状ビーム形成レンズ系 3 と、前記第 1 の方向 x に沿って配列された複数の要素レンズ $EL11$ 等を有するレンズアレイ部 4 と、前記線状ビームの前記各要素レンズ $EL11$ 等ごとの像を被処理面 $I2$ に重ね合わせて照射するコンデンサ光学系 5 とを有する。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0000000099]

1. 変更年月日	1990年 8月 7日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都千代田区大手町2丁目2番1号
氏 名	石川島播磨重工業株式会社

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004112]

1. 変更年月日 1990年 8月29日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
氏 名 株式会社ニコン